جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀهفتم، پاییز۱۳۹۲

صص ۵۲-۳۵

# تحلیل همدید پویشی فراگیرترین روز گرم ایران طی سال ۱۳۴۰ تا سال ۱۳۸۶

**حسین عساکره[1]- دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران**

**سید ابوالفضل مسعودیان- استاد اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران**

**حسن شادمان-کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۷   تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۹/٤

## چکیده

روزهای گرم فراگیر از جمله رویدادهای ناهنجـار اقلیمـی بـه شـمار مـی‌آینـد. رخـداد چنـین روزهایی عمدتاً بر اثر عوامل همدید است. مطالعه عواملی که منجر به رخداد چنـین پدیـده‌ای می‌شود، می‌تواند حاوی اطلاعات با ارزشی از شرایط تکوین این پدیده باشد. در این تحقیق از داده‌های شبکه‌ای دمای بیشینۀ کشور از ابتدای سـال ۱۳٤۰ تـا انتهـای سـال ۱۳۸٦ و داده‌هـای جوی استفاده گردیده و روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷ به عنوان فراگیرترین روز گرم ایران شناسـایی شـده است. در این روز حدود ۹٦/۷ درصد از پهنه ایران، گرمای فراگیر را تجربه کـرده‌اسـت. نتـایج حاصل از بررسی داده‌های جوی نشان می‌دهد شرایط جوی تـوأم بـا ایـن پدیـده، عبارتنـد از: حضور شرایط متباین فشار و به تبع آن جهت جریانات جوی گرم بر روی کشور، حضور یـک ناوه در نواحی گرم و خشک و قرار گرفتن ایران در بخـش جلـویی محـور نـاوه، قرارگـرفتن کشوردر ربع ورودیِ جنوبی رودباد و درنهایت وزش گرم درتمامی ترازهای مورد بررسی جو.

**کلید واژه‌ها**: روز گرم، ناهنجاری دما، تاوایی، فرارفت گرم.

## ۱. مقدمه

دما نمایه‌ای از شدت گرما و یک عنصر مهم اقلیمی است. یکی از جلوه‌های دما رخداد انـدازه‌هـایِ «فـرین»[2] آن است. دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین را «دمای فرین» می‌گویند. به این ترتیب، روزهای گرم یکی از جلوه‌های فرین دمایی و یک ناهنجاری دمایی محسوب می‌شوند. روزهای گرم به لحاظ «اتلاف» و «نیاز» به منابع آب و انـرژی و بـه

۱ نویسندۀ مسئول:۰۹۱۲۲٤۱٦٦٥۸

Email: asakereh1@yahoo.com

2 *Extreme*

لحاظ راحتی و آسایش انسانی، اثرات طبیعی، اقتصادی و انسانی انکارناپذیری برجا می‌نهد. از این نظر شناخت ساز و کارها و عوامل توأم با این پدیده از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. از طرفی رخداد و ظهور روز گرم و نیز سامانه‌های توأم با آن در هر ماه از سال و در هر محل، محتمل است و ضمن حرکت یا گسترش، قادرند گستره‌های مختلفی را متأثر سازند. به عنوان مثال، دماهای فرین بالا هرچند عمدتاً در تابستان رخ می‌دهند، اما طی دورهٔ ۱۹۹۸–۱۹۰۰ در فصل‌های مختلف کانادا نیز دیده شده‌است (بنسل[1] و همکاران، ۲۰۰۱، ۱۹۵۹). بررسی‌های دگاتانو[2] و آلن[3] (۲۰۰۲ ، ۳۱۸۸) بر روی صدک ۹۰ ، ۹۵ و ۹۹ دماهای کمینه و بیشینه روزانه به عنوان نمایه‌های فرین، نشان داد که تغییرات این نمایه‌ها در سراسر ایالات متحده، به شدت تحت تأثیر توسعهٔ شهرنشینی بوده است. بررسی موج‌های گرم و روزهای گرم در شمال مکزیک نشان داد که بیشینه‌های تابستانی از ۱۹۵۱ تا میانه ۱۹۸۰ دارای دوره‌های گرمایشی و سرمایشی می‌باشند، اما پس از آن یک روند افزایشی شکل گرفته است. علاوه بر این مدل‌سازی موج‌های گرمایی و پیش‌بینی آن‌ها برای منطقه یاد شده و برای سال‌های ۲۰۲۰ ، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰، در همه موارد نشان‌گر افزایش موج‌های مذکور نسبت به دورهٔ اقلیمی ۱۹۹۰ – ۱۹٦۱ می‌باشد (کوتو[4] و همکاران، ۲۰۱۰ ، ۳۳۵). رادینوویچ و کریک[5] (۲۰۱۲: ۵۰۵) پس از بررسی سه ایستگاه هواشناسی در صربستان، اظهار داشتند که شاخص‌های با آستانه‌های ثابت، که برای مطالعهٔ موج‌های گرمایی و سرمایی ارائه شده‌اند؛ ویژگی‌های لازم جهت مقایسه نقاط جغرافیایی متفاوت را ندارند. به اعتقاد ایشان استخراج آستانه‌ای آماری از یک توزیع مشخص، از آن جهت ارزشمند است که به وسیله آب و هوای مشخصی نیز رقم خورده و در نتیجه امکان مقایسه بین نواحی مختلف را فراهم می‌کند.

رخداد این نوع ناهنجاری دمایی به ویژه در مقیاس بزرگ با کنش سامانه‌های همدید خاصی توأم است. تحلیل همدید روزهای گرم، مورد توجه اندیشمندان معدودی بوده است. در این زمینه کامپتلا و روستیکسی[6] (۱۹۹۸: ۲۱۷) موج گرمایی ماه مارس ۱۹۸۰ را که در مرکز و شمال آرژانتین به مدت ۲ هفته استقرار داشت، بررسی کردند. در این زمان، کمینهٔ دمای روزانه، بیش از ۲۷ درجه سلسیوس و میانگین دما بیش از ۳۰ درجه سلسیوس بود. بررسی ایشان نشان داد که استقرار واچرخند در تمام ترازهای وردسپهر بر فراز منطقه و پایداری جو موجب تداوم گرما شده بود. نصرالله[7] و همکاران (۲۰۰٤: ۳۵۷) موج های گرمایی، کویت طی فصل گرم در دورهٔ آماری ۲۰۰۰–۱۹۵۸ را بررسی کرده و دریافتند که الگوهای گردشی ناحیه ای حاکم بر کویت و شمال خلیج فارس شامل جابه جایی شمال سوی رودباد جنب حاره، تکوین پشته‌ای از پرفشار در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، با گرما تؤأم بوده‌است. گونگ[8] و همکاران

1 Bonsal
2 *Degaetano*
3 *Allen*
4 *Cueto*
5 *Radin ović and Ćurić*
6 *Campetella and Rusticucci*
7 *Nasrallah*
8 *Gong*

(۲۰۰٤: ۲۵) نیز با بررسی روزهای گرم چین طی دورهٔ ۱۹۹۰–۱۹٦۱، نشان دادند که گرمایش این سرزمین توأم با حاکمیت واچرخند بر روی آسیای شرقی و نیز شرایط گرم در نواحی شمالی تر می باشد. همچنین در شرایط بسیار ناهنجار جابه جایی بزرگ مقیاس پرفشار جنب حاره اقیانوس آرام به نواحی شمال غربی تر نقش مهمی دارد. هرچند شرایطی که در بالا بیان شد، برپایهٔ شبیه سازی حاصل از مدل های اقلیمی و نیز بررسی وضعیت های واقعی اثبات شده است، اما بررسی برخی رویدادهای منفرد می تواند جزئیات مذکور را اثبات و یا حقایق متفاوتی را مطرح سازد.

ردیابیِ جابجایی موج‌های گرم ایران در زمستان نشان داد که شدت روند افزایشی آن ها در نواحی کوهستانی و برف‌گیر شمال غربی و تا حدودی غرب کشور بیش از جنوب کشور است (براتی و موسوی، ۱۳۸٤: ٤۱). فرج زاده و دارند (۲۸:۱۳۸۷) در پژوهشی به بررسی وجود ارتباط بین مرگ و میر و دما را در شهر تهران بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ پرداختنه و نشان دادند که دمای کمینهِ مرگ و میر در تهران ۲۸/۵ درجه سلسیوس است و هرچه دما کم‌تر یا بیش‌تر از این اندازه باشد بر شمار مرگ و میر افراد افزوده می‌شود. یافته‌های علیجانی (۱۳۹۰: ۹)، نشان داد که بحران‌های دمایی بالا در سواحل جنوب و مناطق مرکزی محتمل‌تر است. در نتیجهٔ پژوهشی که یزدان پناه و علیزاده (۱۳۹۰: ۵۱)، با استفاده از زنجیره مارکوف و دمای بیشینهٔ روزانه، در دوره آماری ۲۰۰۵– ۱۹۸٦ برای شهر کرمان انجام داده‌اند، مشخص شد که بیش‌ترین موج‌های گرمایی در ماه‌های آوریل و می، رخ داده است.

باتوجه به موقعیت ایران، سامانه‌های گوناگون در فصل‌های مختلف سال این سرزمین را متأثر می سازد. از این رو فراگیرترین گرما در کشور طی فصل زمستان رخ داده است. تحلیل شرایط نشان داد که الگوی زمستانی در سرزمین های نه چندان دور و مجاور، قادر است گرمایش ایران را موجب شود. باید اشاره کرد تا کنون تحقیق عمده ای در رابطه با تحلیل همدید روزهای گرم فراگیر ایران انجام نشده است. در پژوهش حاضر ضمن معرفی و به کارگیری یک روش نوین در شناسایی روزهای گرم، شرایط جوی توأم با فراگیرترین روز گرم ایران مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

برای شناسایی روزهای گرم فراگیر تمامی گستره کشور مورد توجه بوده است. کشور ایران با گستره‌ای برابر ۱٦٤۸۱۹۵ کیلومترمربع در مختصات جغرافیایی ٤٤ تا ٦۳ درجه طول خاوری و ۲۵ تا٤۰ درجه عرض شمالی جای دارد (طالقانی، ۱۳۸۸: ۱۷) و میانگین ارتفاع آن از تراز دریا حدود ۱۲۵۰ متر است. دامنه تغییرات ارتفاع در کشور بسیار زیاد است. این تنوع ناهمواری یکی از مهم‌ترین عوامل تنوع اقلیمی کشور است. به گونه‌ای که کمربندهای ارتفاعی مختلف، آب و هواهای گوناگونی را به وجود آورده‌اند (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۰ – ۱۱). در ایران دمای هوا به شدت زیر اثر ارتفاع، عرض جغرافیایی و رطوبت هواسپهر است. میانگین دمای شبانه کشور ۱۱ درجه سلسیوس، میانگین دمای روزانه ۲۵ درجه و میانگین دمای شبانه‌روزی ۱۸ درجه سلسیوس است. دی ماه با ٦ درجه و تیرماه با ۲۹ درجه سلسیوس سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال هستند (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۸۰ – ۷۹).

به منظور بررسی شرایط جوی منجر به گرما در پهنه کشور محدودهٔ بین ۱۰ درجه طول غربی تا ۱۲۰ درجه طول شرقی و از استوا تا ۸۰ درجه عرض شمالی انتخاب شد. گزینش محدوده یادشده به این دلیل است که سامانه‌های جوی موثر بر آب و هوای کشور به شکل معمول در این پنجره جوی قابل‌مشاهده هستند.

## ۳. مواد و روش‌ها

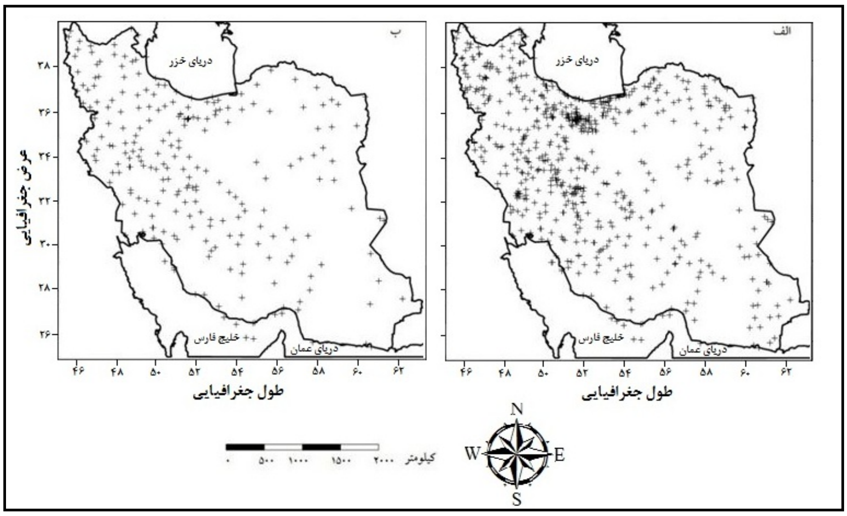
در این پژوهش به منظور بررسی همدید روزهای گرم فراگیر ایران زمین از رویکرد محیطی بـه گردشـی (یارنـال ترجمهٔ مسعودیان، ۱۳۸۵: ۷–۱۱) استفاده شده است. بر این اساس برای انجام این تحقیق از دو پایگـاه داده‌ای؛ یکـی پایگاه داده‌های محیطی و دیگری پایگاه داده‌های جوی به شرح زیر استفاده شده است:

– داده‌های شبکه‌ای دمای بیشینهٔ کشور حاصل میان‌یابی مشاهدات روزانه از ابتدای سال ۱۳٤۰ تـا انتهـای سـال ۱۳۸٦ از دو منبع به دست آمد. نخست داده‌های شبکه‌ای پایگاه داده اسفزاری ویرایش نخست که در دانشگاه اصفهان و به وسیلهٔ دکتر سـید ابوالفـضل مـسعودیان طراحـی شـده اسـت. ایـن داده‌هـا دارای تفکیـک زمـانی روزانـه و از ۱۳٤۰/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ است. تفکیک مکانی داده‌ها ۱۵ × ۱۵ کیلومتر است. با توجه بـه مشخـصات یـاد شـده سراسر ایران با ۷۱۸۷ یاخته پوشیده می‌شود. بر این اساس داده‌های شـبکه‌ای دمـای ایـران آرایـه‌ای اسـت بـه ابعـاد ۷۱۸۷ × ۱۵۹۹۲ که با آرایش گاه جای[1] (زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) چیده شده است. درایه‌هـای این آرایه به کمک داده‌های دمای ٦٦٤ ایستگاه (همدید و اقلیمی) و با روش میان‌یابی کریگینگ معمولی برآورد شـده است (شکل ۱– الف). برای تکمیل این پایگاه داده، تعداد ۱۱۷٤ روز مشاهدات دما از تعداد ۲۳۵ ایستگاه همدید کـه در شکل ۱– ب، ارائه شده است به آرایهٔ یاد شده اضافه شد. به این ترتیب در نهایت آرایه به دست آمـده بـا ۱۷۱٦٦ سطر و ۷۱۸۷ ستون حاصل شد. بنابراین هر یاخته برای هر روز دارای یک ارزش کمّی از دمای روزهنگام است.

پایگاه داده‌ای که شرح داده شد به منظور شناسایی فراگیرترین روز گرم و براساس تعریف کمیتـه مـشترک اقلـیم شناسی سازمان جهانی هواشناسی (CCL)[2] برای روز گرم مورد استفاده قرار گرفت. برپایهٔ این تعریف؛ روز گرم به عنوان روزی در نظر گرفته شد که دمای هر یاخته در پهنـه کـشور و در هـر روز، از صـدک ۹۰ آن یاختـه و آن روز بیش‌تر باشد. به این ترتیب هر یاخته از کشور دارای یک آستانه برای هر روز خواهد بود. به عبارت ساده‌تر برای هـر یاخته ۳٦٦ آستانه حاصل می‌شود. براین پایه، برای هر یاخته، روزهایی که دمای آن‌ها برابر یا بـیش‌تـر از صـدک ۹۰ همان روز بود، به عنوان روز گرم در نظر گرفته شد. در گام بعد نسبت یاخته‌های گرم به کل یاخته‌ها در روزهایی که گرما در گستره کشور رخ داده است، سنجیده شد. به این ترتیب روزی که بیش‌ترین گستره از پهنه کشور زیـر گرمـا بود «روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷» به عنوان فراگیرترین روز گرم ایران شناسایی گردید. در این روز حدود ۹٦/۷ درصد از پهنـه

1 *SMode*
2 *The Joint World Meteorological organization commission for climatology*

کشور دماهای بیش از آستانۀ تعریف شده را تجربه کرده است.




**شکل ۱** پراکنش ایستگاه‌های به کار رفته در تهیه پایگاه داده اسفزاری (الف) و تکمیل آن (ب).

– داده‌های جوی مورد استفاده در این تحقیق شامل فشار تراز دریا (هکتوپاسکال)، مولفۀ مداری و نصف النهاری باد (متر بر ثانیه)، دما (درجه کلوین) و ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) است. این داده‌ها بـرای روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷ و نیـز دورۀ ۱۳٤۰/۰۱/۰۱ تـا ۱۳۸٦/۱۲/۲۹ از پایگـاه داده مرکـز ملـی پـیش‌بینـی محیطـی و مرکـز ملـی پـژوهش‌هـای جـوی (NCEP/NCAR)[1] وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده برداشت شـده اسـت. پایگـاه داده‌ای مذکور در مقیاس زمانی مختلف، دراختیار کاربران قرار دارد. در تحقیق حاضر، داده‌های حاصل از دیده‌بانی در ساعت ۱۲ فشار تراز دریا و عناصر دیگر برای ترازهای مختلف (۵۰۰، ٦۰۰، ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) با تفکیک مکانی ۲/۵ × ۲/۵ درجه قوسی بررسی گردید. با توجه به مختصات محدوده‌ای که برای بررسی شرایط جوی در نظر گرفته شده است؛ تعداد ۱۷٤۹ یاخته، این محدوده را پوشش داده‌است. دراین راستا دو گـروه تحلیـل (همدیـدی و پویـشی) در معرض توجه قرار گرفت:

الف) تحلیل نقشه‌های همدید ( شامل فشار تراز دریا و نقشه های ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) به لحاظ میـزان و پراکندگی فشار جوی–الگوهای ارتفاع و ناهنجاری آن ها نسبت به فشار جو و ارتفاع ژئوپتانـسیلِ هفـدهم اسـفند طی دورۀ ۱۳٤۰ تا ۱۳۸٦ در معرض توجه قرار گرفت. به منظور ارزیابی وضعیت دمایی در ترازهـای مختلـف جـو، نقشه‌های همدما و ناهنجاری ترازهای مختلف جو برای هفدهم اسفند طی دورۀ ۱۳٤۰ تا ۱۳۸٦ مـورد بررسـی قـرار گرفت.

ب) به فراخور نیازی که در طی فرایند این تحقیق تشخیص داده شد، تحلیل پویشی، شامل رودبـاد، وزش دمـا و تابع جبهه زایی بوده است. تغییر تندیِ باد در راستای مسیر جریان، در هسته‌های سرعت رودبادها باعـث بـرهم زدن

1 www.cdc.noaa.gov

ترازمندی زمینگرد[1] می‌شود. در نتیجه پراکنش باد نازمینگرد[2]، در بخش شمالی منطقه ورودی رودباد، همگرایی[3] و در بخش جنوبی آن واگرایی[4] رخ می‌دهد؛ حال آن که در بخش شمالی منطقه خروجی رودباد، واگرایی و در بخش جنوبی همگرایی اتفاق می‌افتد. نتیجه این که، واگرایی (همگرایی) با حرکات صعودی (نزولی) همراه خواهد بود (کاویانی و علیجانی ۱۳۸۷: ۲۸۵–۲۸٤ ). در واقع چنان که هواشناس پرآوازه‌ی بریتانیایی «ساتکلیف»[5] استدلال کرده است، به سبب خاصیت تفریقی عمودیِ واگرایی جرم در ستونی از هوا، فشارسطحی افت می‌کند؛ یعنی هرگاه واگرایی جرم در ترازهای بالا بیش از ترازهای سطحی باشد فشار سطحی افت می‌کند و در شرایط معکوس فشار سطحی افزایش می‌یابد. به این ترتیب در منطقه‌ی ورودی هسته رودباد، گردش گرمایی عادی عمودی حاکم می‌شود و در منطقه خروجی، یک گردش گرمایی غیرعادی عمودی شکل می‌گیرد (مارتین ترجمهٔ مسعودیان،۱۳۸۸: ۱۹۱–۱۹۰). در تحقیق حاضر رودباد در چهار تراز جو (۳۰۰، ٤۰۰، ۵۰۰ و ٦۰۰ هکتوپاسکال) بررسی شد.

دربخش دیگر از این تحقیق، فرارفت دما (وزش گرم– سرد) مورد توجه قرار گرفت. فرایند وزش در دستگاه مختصات دکارتی (دوبعدی) به صورت زیر تعریف می شود (مارتین ترجمهٔ مسعودیان، ۱۳۸۸: ٤۱۹):

$$(-\vec{V}.\nabla)T = (-u\frac{\partial T}{\partial x}) + (-v\frac{\partial T}{\partial y}) \quad (۱)$$

در این رابطه، $\nabla$ عملگر دِل، $\vec{V}$ بردار سرعت باد، $u$ مولفهٔ مداری، $v$ مؤلفهٔ نصف النهاری باد و $T$ دماست. جملات سمت راست معادله نشان‌دهندهٔ وزش دما در راستای محور طول‌ها با سرعت مداری و در راستای محور عرض‌ها با سرعت نصف‌النهاری می‌باشد. هر چه اندازه مولفه‌های باد بزرگ‌تر باشد، وزش دما نیز بزرگ‌تر می‌شود (مرادی، ۱۳۹۰: ۳۲). به این ترتیب وزش هوای سرد و گرم به ترتیب موجب کاهش و افزایش دما در یک منطقه می‌شود. در نتیجه $(-\vec{V}.\nabla)T > 0$ معرف وزش هوای گرم و $(-\vec{V}.\nabla)T < 0$ نمایش دهندهٔ وزش هوای سرد است.

وجود رودباد و نیز وزش باد، رخداد جبهه را محتمل و میسر می‌سازد. از این رو فرایند جبهه زایی مورد بررسی قرارگرفت. به طور کلی افزایش شیو افقی هر یک از ویژگی‌های توده هوا (خصوصاً چگالی) و پیامدهای آن برای میدان باد را جبهه‌زایی گویند. یکی از عوامل مؤثر بر چگالی هوا، دماست. از طرف دیگر وزش هوا یکی از رویدادهای عمده در افزایش شیو دما به شمار می‌آید. بنابراین هر فرآیندی که منجر به افزایش بزرگیِ شیو دما ( $\nabla T$ ) شود، فرآیند جبهه‌زا و چنین عملی را جبهه‌زایی می‌نامند. تابع جبهه‌زایی را می‌توان با رابطه‌ی زیر بیان کرد (مارتین ترجمهٔ مسعودیان ، ۱۳۸۸ : ۲٤۵):

1 Geostrophic
2 Ageostrophic Wind
3 Convergence
4 Divergence
5 Sutcliffe

$$\Im = \frac{d\left|\nabla_p \theta\right|}{dt} \qquad (۲)$$

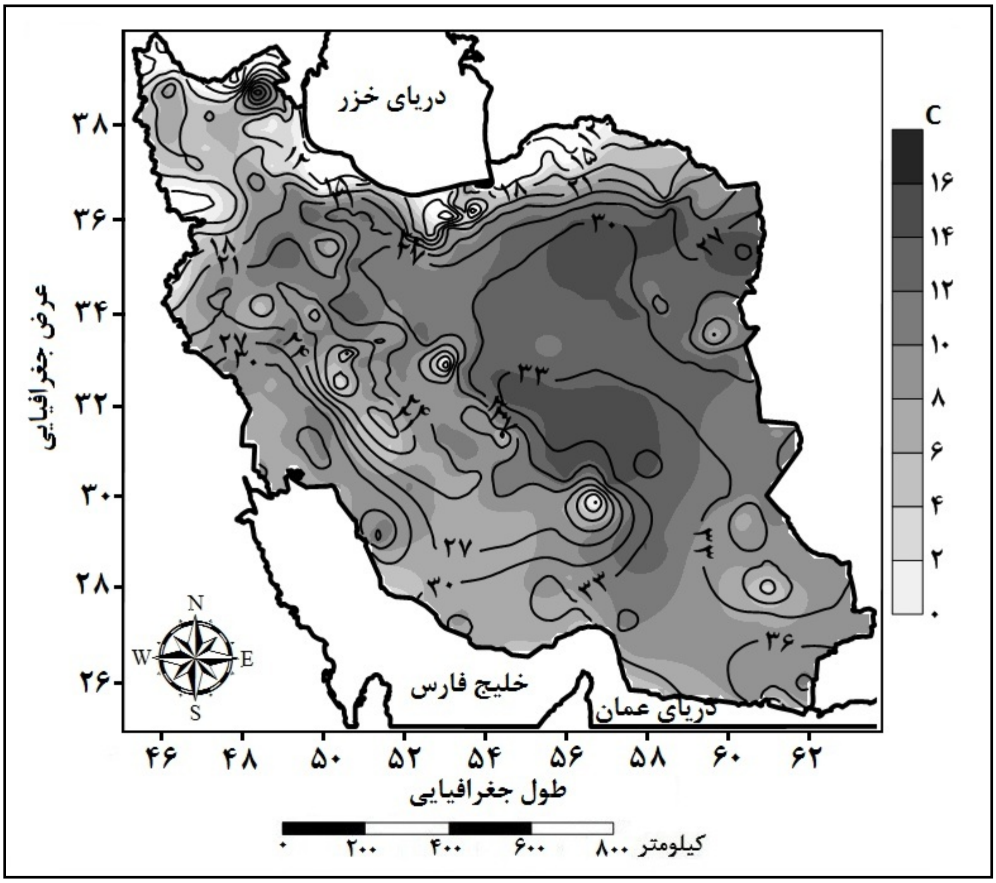
این عبارت مبین آهنگ لاگرانژی تغییر بزرگی شیودمای بالقوه روی سطوح هم‌فشار( $\nabla_p \theta$ ) است. انـدازه‌هـای مثبت حاصل از عبارت بالا نشانگر نواحی مستعد جهت تشکیل جبهه است.

در نهایت به منظور تحلیل روابط دینامیکی- ترمودینامیکی جو و نیز برای تشخیص وضعیت ترازهای مختلف در روزِ مورد بررسی، رابطهٔ چرخندگی و دما برای ترازهای مختلف جو و براساس ضریب همبـستگی پیرسـون بـرآورد شد.

## ٤. بحث و نتایج

### ٤,١. توزیع مکانی دما

شکل۲ توزیع مکانی دمای بیشینهٔ کشور (خطوط هم دما) در تاریخ ۱۳۸۲/۱۲/۱۷ و ناهنجاری آن (طیـف تیـره – روشن) نسبت به میانگین بلند مدت روز هفدهم اسفند ۱۳٤۰ تا ۱۳۸٦ را نشان می‌دهد.



**شکل ۲** توزیع مکانی دما (همدماها) و ناهنجاری دمایی (پس‌زمینه) کشور در روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷ (به درجهٔ سلسیوس)

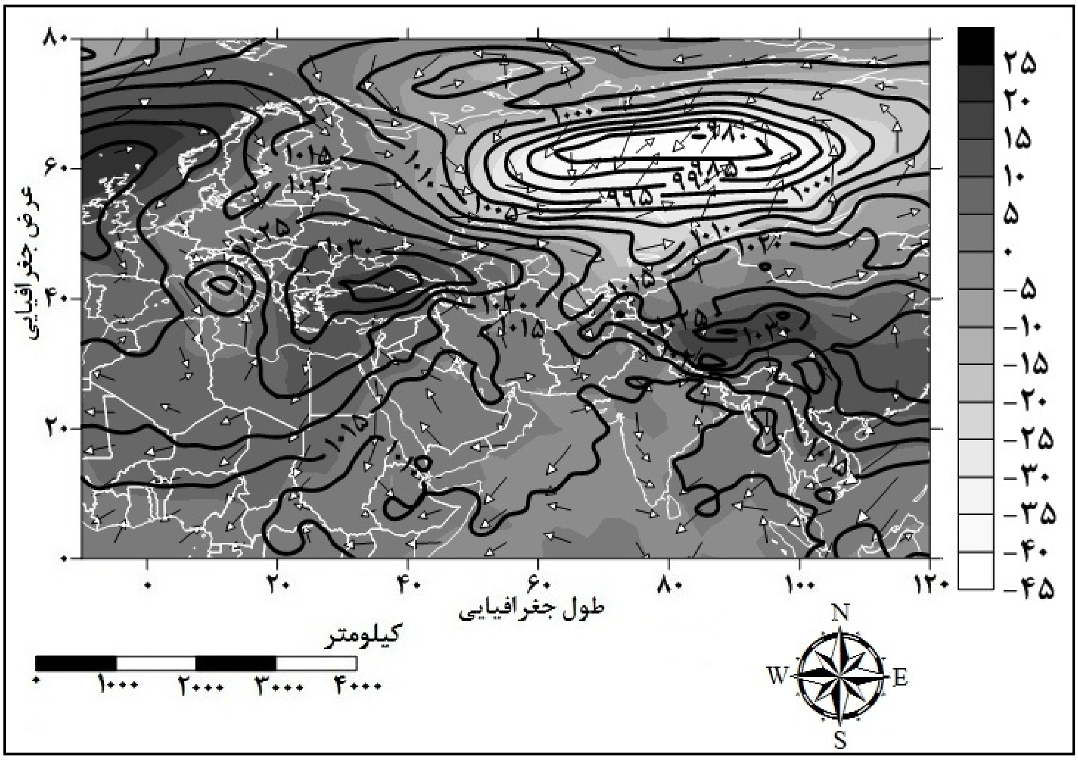
بیشینهٔ دما (۳۹ تا ۴۰ درجه سلسیوس) در جنوب شرقی کشور (کرانه‌های دریای عمان) رخ داده است. کم‌ترین مقادیر دما (بین صفر تا ۳ درجه سلسیوس) نیز در یک ناحیه بسیار کوچک در شمال استان آذربایجان شرقی جای دارد. به این ترتیب علی رغم گرمایش این روز، تنها در همین ناحیه کوچک رخدادِ یخبندان محتمل است. آن‌گونه که دیده می‌شود تنها در بخش‌هایی از شمال غرب، کرانه‌های خزر، و شمال خاوری کشور ناهنجاری‌های مثبت دمایی رخ نداده است. این نواحی در مجموع حدود ۳/۳ درصد از پهنه کشور را در بر می‌گیرند. به این ترتیب حدود ۹٦/۷ درصد از پهنه ایران با یک روز گرم مواجه بوده است. به طور کلی میزان ناهنجاری دمایی در پهنه کشور بسیار بالاست. با این وجود اثر ارتفاعات بر کاهش میزان ناهنجاری ها به خوبی آشکار است. شدت ناهنجاری‌ها در شمال باختری، امتداد البرز از غرب به شرق کشور، امتداد زاگرس و علاوه بر این در کرانه‌های خلیج فارس و دریای عمان کم‌تر از سرزمین‌های هموار داخلی است. بیش‌ترین اندازه ناهنجاری‌ها (بیش از ١٦ درجه سلسیوس) در استان‌های کرمان، یزد، سمنان و خراسان رضوی رخ داده است. از این نواحی به سمت اطراف، از شدت ناهنجاری‌ها کاسته می‌شود.

### ٤,٢. الگوهای همدید در روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷

الگوی فشار تراز دریا (هم فشارها)، ناهنجاری آن نسبت به میانگین بلند مدت همان روز (پس زمینه) و جهت جریانات (پیکان‌ها) برای روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷ در شکل ۳ ارائه شده است. بر روی روسیه یک چرخند قوی (کم فشار قطبی) مشاهده می‌شود. گسترش زبانه‌های چرخند یاد شده، شرق، مرکز و بخش‌هایی از روسیه غربی را تحت تأثیر قرارداده‌است. زبانه‌ای از این کم فشار به مرزهای شمال شرقی کشور کشیده شده- است.

یک منطقه واگرایی قوی حاصل از استقرار یک واچرخند در جنوب شرقی اروپا با مرکزیت ترکیه و دریای سیاه شکل گرفته است. زبانه ای از این پرفشار، شمال غرب کشور را متأثر ساخته و منجر به ورود هوای عرض‌های شمالی‌تر به کرانه‌های جنوبی دریای خزر و بخش‌هایی از شمال غرب کشور شده است. نواحی مذکور با سردترین بخش‌های کشور و همچنین با نواحی همراه با ناهنجاری منفی دما در شکل ۲ (شمال و شمال غرب ایران) منطبق است. یک ناحیهٔ همگرایی در جنوب ایتالیا به وسیلهٔ حضور یک چرخند قابل تشخیص است. مرکز پرفشار سیبری تحت تأثیر کم فشار قطبی به عرض‌های پایین‌تر از معمول رانده شده، با محوری شمال شرقی – جنوب غربی بر روی غرب چین استقرار یافته و زبانه‌ای به سمت شرق ایران فرستاده‌است. حضور دو پرفشار در شرق و غرب کشور و نیز ظهور کم فشار قطبی در نزدیک شمال کشور

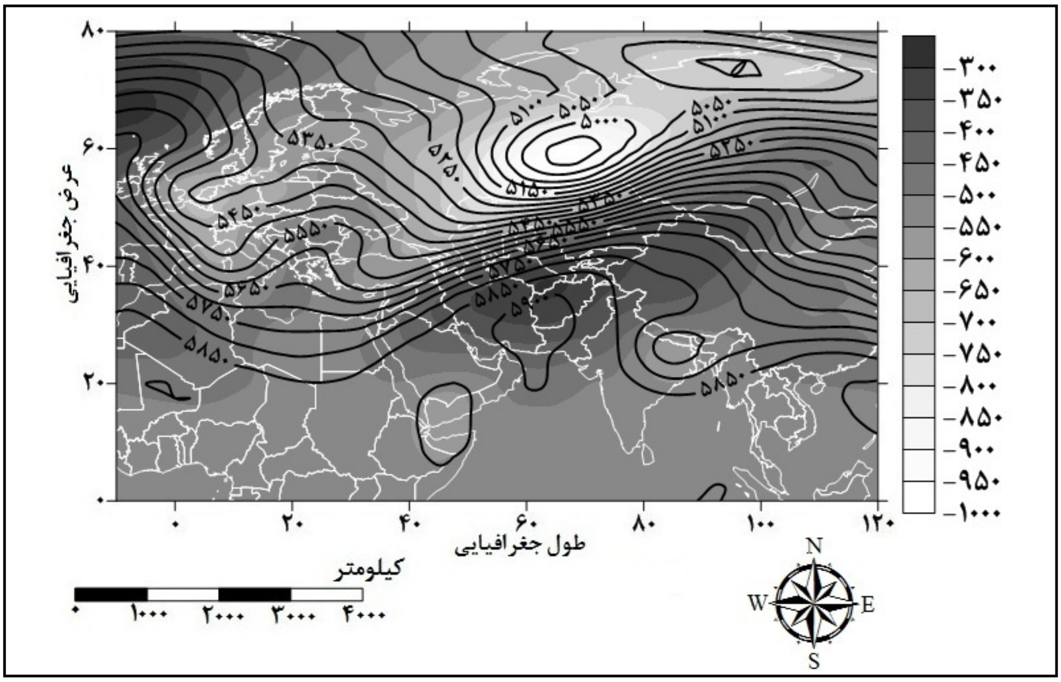
موجب تکوین شیو شدید فشار بین این نواحی و پیدایش جریانات حاصل از این دو پرفشار عمدتاً به سمت شمال (و نه به سمت) ایران شده و حضور کم فشار پاکستان (گنگ) در مجاورت پرفشار حاکم بر چین موجب پسروی جنوب سوی این کم فشار گردیده است. زبانهٔ کم فشار مذکور از سمت جنوب به داخل ایران وارد شده و تا البرز میانی پیش رفته است. در نهایت این زبانه با امتدادی تقریباً غربی- شرقی تا شمال شرق کشور کشیده می‌شود. با این وجود، شیب تغییرات فشار بر روی ایران بسیار اندک است. تنها در جنوب شرق دریای خزر منحنی‌های هم‌فشار به یکدیگر نزدیک شده‌اند. تقابل جریان‌های جوی در بخش‌های شمالی و شرق کشور، وجود یک جبهه جوی را محتمل ساخته است. با این وجود جریانات جوی بر روی کشور، از نواحی جنوبی (گرم تر) نشأت گرفته است. بیش‌ترین ناهنجاری‌های منفی فشار در محل چرخند روسیه و بیش‌ترین ناهنجاری‌های مثبت نیز بر روی چین و نیز در شمال بریتانیا دیده می‌شود. اندازه ناهنجاری برای ایران در بخش‌هایی از شمال کشور و در ناحیه کوچکی از کرانه‌های عمان بین صفر تا ۵- هکتوپاسکال است. در دیگر نواحی ایران ناهنجاری فشار مثبت و بین صفر تا ۵ هکتوپاسکال است.




**شکل ۳** الگوی فشار تراز دریا و ناهنجاری آن ( به هکتوپاسکال ) در روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷

طبق شکل ٤، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک سردچال با دو هسته بر روی روسیه مشاهده می‌شود که در نتیجهٔ کاهش ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ایجاد شده است. همچنین یک ناوه عمیق با محوری اریب از ناحیه قطبی آسیا،

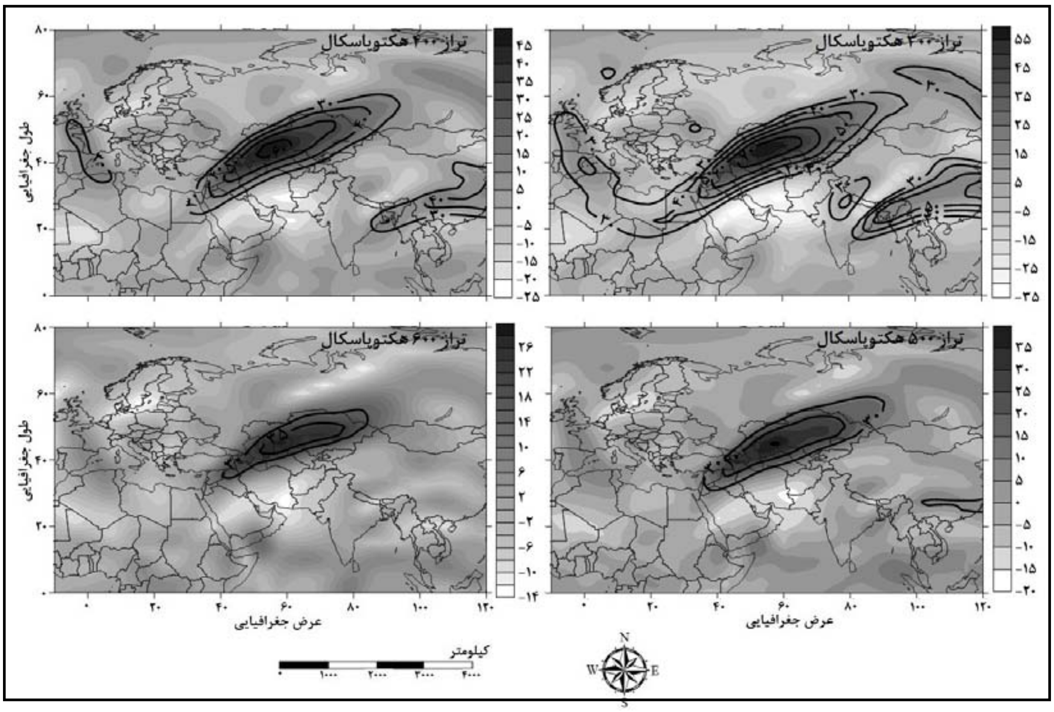
شمال اسکاندیناوی تا جنوب بریتانیا با جهتی شمال شرقی- جنوب غربی و نیز یک محور فرعی از جنوب بریتانیا تا غرب دریای مدیترانه در امتدادی نسبتاً نصف النهاری شکل گرفته است. بلافاصله در شرق این ناوهٔ فرعی، یک پشته بر مدیترانهٔ شرقی حاکم است که تا سواحل مدیترانه در امتداد افریقای شمالی نفوذ یافته است. بر روی افریقای شمالی و در جنوب پشتهٔ اخیر، یک ناوهٔ نسبتاً عمیق شکل گرفته است که بازوی بالارونده آن و به تبع، خطوط جریان مربوط به آن از ایران می‌گذرد. بلافاصله در شمال این ناوه و در شرق پشتهٔ اخیر یک ناوه با محوری اریب (جنوب غربی –شمال شرقی) مشاهده می‌شود. شرایط مذکور موجب شده است که ایران در جلوی محور فرود مدیترانه –دریای سرخ قرار گیرد. چنین آرایشی سبب حرکت جریانات جوی عرض‌های پایین تر شمال-شرق افریقا و در گذر از عربستان به سمت ایران شود. همچنین بر روی ایران یک پشته شکل گرفته است که مجاورت آن با سردچالهٔ شمالی موجب تکوین شیو شدید ارتفاع به ویژه در شمال ایران شده است. براین اساس، حرکت هوا از عرض‌های جنوبی‌تر به عرض‌های شمالی کشور محتمل‌تر است. در جنوب شرق، بخش‌هایی از شرق و جنوب کشور یک مرکز پرارتفاع تا بخش‌هایی از افغانستان و پاکستان قرار دارد. وجود این مرکز پرارتفاع منجر به گردش واچرخندی هوا در این ناحیه می‌شود که در نتیجه هوای عرض‌ها جغرافیای پایین‌تر از فراز اقیانوس هند و شبه‌جزیره عربستان وارد کشور خواهد شد. یک پشته عمیق با محوری جنوب غربی- شمال شرقی از افغانستان تا شرق روسیه امتداد یافته است. علی رغم تنوعی که در بالا بیان شد، در سرتاسر پهنهٔ مورد بررسی، ناهنجاری ارتفاع گویای کاهش ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بوده است. اندازه ناهنجاری ارتفاع بر روی ایران بین ۵۵۰- تا ۳۰۰- متر در تغییر است.




**شکل ٤** الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (هم‌ارتفاع‌ها) و ناهنجاری آن (پس زمینه) به متر در روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷

### ٤,٣. الگوهای پویشی

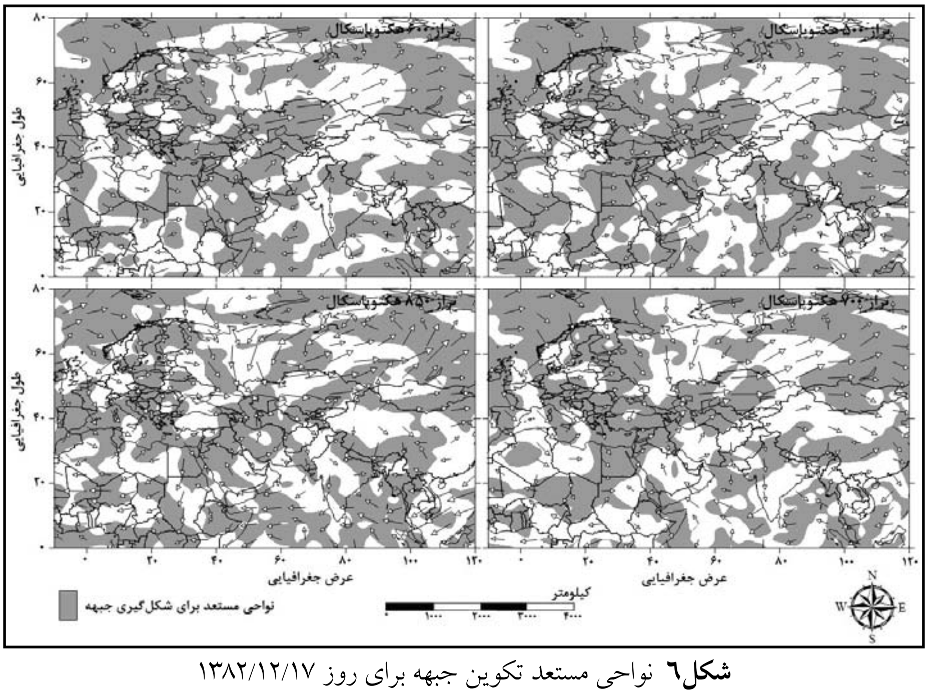
به منظور ردیابی رودباد حاصل از بادهای غربی، هسته های سرعت رودباد بررسی وآشکار شد که رودباد تا تـراز ٦٠٠ هکتوپاسکال نفوذ کرده است. این پدیده برای چهار تراز جو در شکل ٥ ارائه شـد. در تـراز ٦٠٠ هکتوپاسـکال، جهت گیری رودباد با امتداد جنوب غربی – شمال شرقی از شمال غرب ایران تا شمال شرق قزاقستان می باشـد. بـه نظر می رسد، نفوذ رودباد و حضور آن در ترازهای زیرین جو به دلیل شدت اختلاف مکانی دما باشد. در تـراز ٦٠٠ هکتوپاسکال، ناهنجاری‌های سرعت باد در شمال غرب کشور بین ٢١ تا ٢٦ متر بر ثانیه و در محل هسته سـرعت بـه بیش از ٢٦ متر بر ثانیه نیز می‌رسد. در تراز ٥٠٠ هکتوپاسکال شدت ناهنجاری‌های سرعت باد بر روی ایران بین ٦ تا ٣١ متر بر ثانیه و در گستره ای فراتر از گسترهٔ زیرین می باشد. در محل هسته سرعت نیز اندازه ناهنجاری به بـیش از ٣٦ متر بر ثانیه رسیده است. در تراز ٤٠٠ هکتوپاسکال ناهنجاری بر روی کشور بین صفر تا ٤٠ متر بر ثانیه است کـه به سمت شمال غرب کشور افزایش می‌یابد. در محل هسته سرعت ناهنجاری به بیش از ٤٥ متر بر ثانیـه نیـز رسـیده است. در تراز ٣٠٠ هکتوپاسکال ناهنجاری‌ها در محل تشکیل رودباد بر روی کشور از ٥– تا ٥٠ متر بر ثانیه در تغییـر است. اندازه ناهنجاری ها به سمت شمال غرب کشور افزایش می‌یابد. شدت ناهنجاری در هسته سرعت به بـیش از ٥٥ متر بر ثانیه رسیده است.




**شکل ٥** رودباد جبههٔ قطبی (هم‌سرعت‌ها) و ناهنجاری سرعت باد (پس زمینه) به متر بر ثانیه در روز ١٣٨٢/١٢/١٧

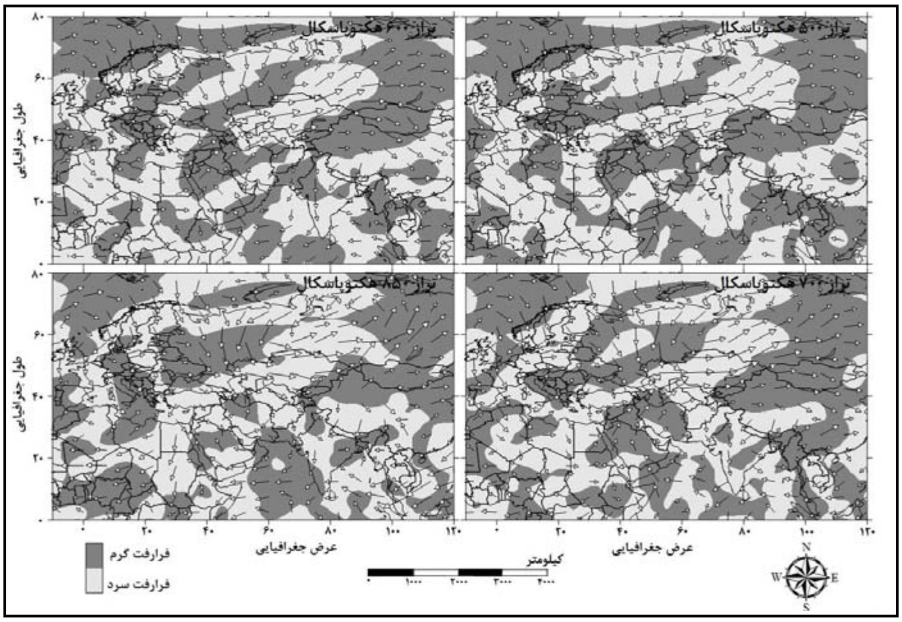
بنابراین، چنان که قبلاً نیز اشاره شد، یک ناحیهٔ کژفشار و احتمالاً جبهه با امتداد جنوب غربی شـمال شـرقی از شـمال

غرب ایران تا شمال شرق قزاقستان قابل استنباط است. توجه کنید که پهنهٔ عمده و قابل توجه ایران در ربع ورودیِ جنوبی رودبادهایی قرار دارد که در بالا توضیح داده شد. بنابراین حرکت چرخندی، همگرایی هوا و افت فشار سـطحی را درپـی دارد. مقایسهٔ شکل ٥ و شکل ٤ به وضوح نشان می‌دهد که محل احتمالی جبهه در شمال (غربی) کشور و در جایی است که بیش‌ترین شیو تغییرات ارتفاع تراز ٥٠٠ هکتوپاسکال حاکم بوده است. با این وجود بـرای فهـم دقیـق تـر از موقعیـت احتمالی جبهه، تابع جبهه زایی (رابطهٔ ٢) بر مشاهدات اعمال شد. نتایج در شکل ٦ ارائه شده است. این تابع براساس تغییر بزرگی شیودمای بالقوه روی سطوح هم‌فشار محاسبه می‌شود. می‌توان دید که علاوه بر نواحی که در بالا از آن ها یاد شد و در تمامی ترازهای جو برای تکوین جبهه مساعد بوده اند، در ایران نیز نواحی مستعد برای جبهه زایـی درتمـامی ترازهـای قابل مشاهده است. با این وجود باید دید ایران در کدام قطاع از این جبهه‌ها قرار گرفته است. یکـی از راه‌هـای تـشخیص پاسخ این سئوال، ردیابی مسیر جریانات جوی است.




**شکل٦** نواحی مستعد تکوین جبهه برای روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷

براساس شکل ٥ و مباحث مربوط، می‌توان استنباط کرد که حاکمیت شرایط همگرایی به ویژه در ترازهای میـانیِ جوِ همسایگان شمال غرب کشور، موجب جابه جایی هوای سطحی شده است. آرایش مراکز عمده فشار (شـکل ٣) موجب شده است که در تمامی ترازهای جو حرکت هوا از نواحی گرم‌تر و عرض‌های پایین‌تر به نـواحی سـردتر و عرض‌های بالاتر صورت گرفته و موجب گرمایش جو شود. بدین منظور تابع فرارفت دمایی (رابطهٔ ١) بر پهنهٔ مـورد بررسی اعمال و نقشه های آن در شکل ٧ ارائه شد:




**شکل ۷** فرارفت گرم- سرد در روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷

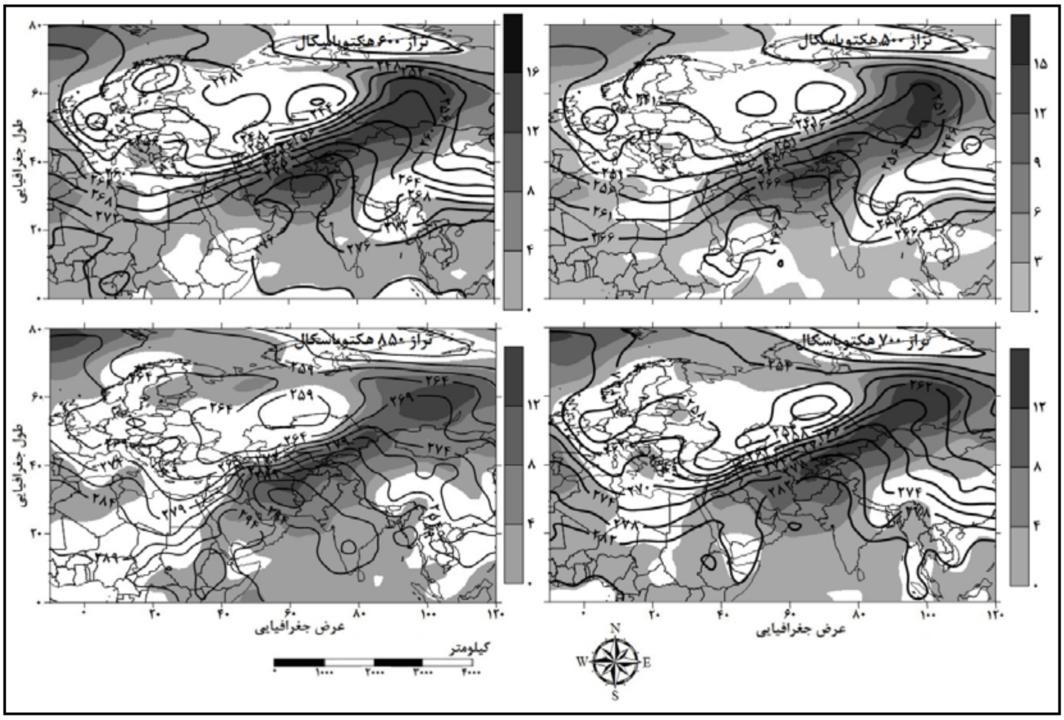
آن‌گونه که در شکل ۷ دیده می‌شود، در تراز **۵۰۰** هکتوپاسکال تنها در یک ناحیهٔ کوچک از جنوب کشور فرارفت گرم رخ نداده است. این ناحیه از کرانه‌های خلیج فارس آغاز شده و تا مرزهای شرقی امتداد دارد، اما ضمن گسترش به شرق، از پهنه زیر پوشش آن کاسته می‌شود. به این ترتیب در این ناحیه دما درحال افزایش نبوده، اما در دیگر نواحی از افزایش برخوردار بوده است. منبع تأمین دما در این تراز براساس پیکان هایِ بادِ نشان داده شده در شکل، در جنوب شرق کشور دریای عمان و اقیانوس هند، در جنوب غرب کشور عربستان و خلیج فارس و برای دیگر نواحی شمال آفریقاست. در تراز **۶۰۰** هکتوپاسکال محدودهٔ فرارفت سرد گسترش یافته است؛ به نحوی که در بخش‌هایی از جنوب و جنوب شرق دریای خزر، بخش‌هایی از مرکز، شرق جنوب شرق و جنوب ایران دما درحال کاهش است. با این وجود در غرب، مرکز و شمال شرق کشور افزایش دما دیده می‌شود. منبع تأمین دما در این تراز، شمال شرق آفریقا، عربستان و خلیج فارس می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بخش وسیعی از کشور را فرارفت گرم در بر گرفته است؛ به نحوی که تنها در گوشه شمال شرق، جنوب شرق و نوار نسبتاً باریکی از جنوب غرب تا تنگه هرمز وزش گرم حاکم نبوده است. دمای وزش‌های گرم این تراز را عربستان، خلیج فارس و عراق تأمین کرده‌اند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال دو ناحیه همراه با وزش گرم قابل مشاهده است. ناحیه اول تمامی کرانه‌های عمان و بخش‌هایی از استان‌های سیستان و بلوچستان و کرمان را دربرگرفته است. ناحیه دوم تمامی کرانه‌های خزر، بخش‌هایی از شمال غرب و مرکز ایران را شامل می‌شود؛ این دو ناحیه در استان کرمان به یکدیگر متصل شده‌اند. منابع تأمین دمای فرارفت گرم در این تراز

عراق، خلیج فارس، افغانستان و نواحی مرکز کشور هستند.

باید توجه داشت که نقشه‌های فرارفت دمایی افزایش یا کاهش دمای حاصل از وزش هوای گرم را بـر فـراز یک ناحیه نشان می‌دهند؛ در نتیجه وجود فرارفت سرد لزوماً به معنی وجود ناهنجاری منفی دما نمی‌باشد. توجـه به جهت گیری پیکان های باد نیز گویای این واقعیت است که در تمامی ترازها، باد عمدتاً از نواحی جنـوبی تـر می وزیده است. همچنین گاهی شرایط تابشی نیز می تواند موجب گرمایش سطحی و جو شـود. کمـا ایـن کـه گرمایش ترازهای بالایی جو نیز امکان ریزش رو به پایین هوای گرم را محتمل می‌سازد. از این رو توزیع مکانی دما در چهار تراز جو بررسی شد. نقشه‌های دما و ناهنجاری های دمایی ترازهای مختلف جو در شـکل ۸ نـشان می‌دهد که ناهنجاری‌های مثبت دما بر فراز تمامی گستره کـشور و در تمـامی ترازهـای مـورد بررسـی رخ داده است. این موضوع به آن معناست که حتی در نواحی همراه با فرارفت سرد دما بیش از شرایط معمـول (اقلیمـی) می باشد.

ناهنجـاری دمـا در تمـامی ترازهـا بـر فـراز تمـامی گـستره کـشور مثبـت اسـت. در ترازهـای ٦٠٠ و ۸۵۰ هکتوپاسکال شمال شرق و بخش‌هایی از شرق ایران بیش‌ترین ناهنجاری مثبت را تجربه کرده‌اند. امتداد منحنی-های همدما در تمامی ترازها نشان‌گر برابری دمای جو ایران با شمال و صحرای آفریقاست. بـا ایـن تفـاوت کـه ایران با ناهنجاری مثبت بزرگ‌تری مواجه بوده است. شدیدترین ناهنجاری‌های دمایی در ناحیه ای از افغانـستان تا شرق روسیه قرار دارد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک کانون دمایی (۲۹۹ درجـهٔ کلـوین) در شـرق و جنـوب شرق کشور دیده می‌شود. وجود این کانون نشان‌گر تجمع هوای گرم در جو ایران است که در نقشهٔ شکل ۲ بـه صورت یک ناحیه با ناهنجاری شدید ارائه شد.

به منظور آشکارسازی رابطهٔ دمای ترازهای زیرین و بـالایی جـو، همبـستگی دمـای ترازهـای ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با ترازهای بالاتر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این محاسبات در جدول ۲ آمده اسـت. مـی‌تـوان دید که رابطهٔ دمای دو ترازِ یاد شده با ترازهای بالاتر، از یک رابطهٔ مثبت بسیار قوی برخوردار است. این روابـط در هر سطح اطمینان دلخواه معنی‌دارند. به این ترتیب می‌توان استنباط کرد که بین گرمـایش در ترازهـای بـالاتر جو و گرمای مشاهده شده در سطح زمین یک رابطه مستقیم و قوی وجود داشته است. این بدان معنی است کـه در این روز اگر سطح زمین با افزایش دما مواجه بوده است، گرمایش مذکور سرتاسر ضخامت جـو ایـران را در بر می گرفته است. به عبارت دیگر، گرمای ایجاد شده در سطح، راه گریزی به طـرف بـالا نداشـته اسـت. زیـرا تباین دمایی بین سطح زمین و جو بالا وجود ندارد تا جابه جایی هوا بین این دو صورت گیرد.




**شکل ۸** دما (همدماها) و ناهنجاری دمایی (پس‌زمینه) جو به درجه کلوین در روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷

**جدول ۲** همبستگی (آمارهٔ **p**) دمای تراز ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با دمای ترازهای مختلف جو

| دمای تراز | ۵۰۰ hp | ۶۰۰ hp | ۷۰۰ hp | ۸۵۰ hp | ۹۲۵ hp |
|---|---|---|---|---|---|
| ۸۵۰ Hp | ۰/۹۱۸۵ (۰) | ۰/۹۲٤٤ (۰) | ۰/۹۱۰۳ (۰) | | |
| ۱۰۰۰ Hp | ۰/۹٤۰۷ (۰) | ۰/۹٤۵۲ (۰) | ۰/۹۳۱۲ (۰) | ۰/۹۸۲۵ (۰) | ۰/۹۹۲۲ (۰) |

## ۵. نتیجه‌گیری

شناخت شرایط اقلیمی غیرمعمول و غیرمنتظره امکان اتخاذ تدابیر مدیریتی متناسب با مخاطرات اقلیمی را آسان‌تر می‌سازد. سابقهٔ اقلیمی کشور از دههٔ ۱۳٤۰ تا اواسط دههٔ ۱۳۸٦ نشان می‌دهد که فراگیرترین گرمایش کشور در اواسط ماه آخر زمستان رخ داده‌است. بنابراین شناخت شرایط جوی تؤأم با این گرمایش به لحاظ اقلیم شناختی از اهمیت شایان توجهی برخورداراست. یافته های تحقیق حاضر نشان داد که مجاورت الگوهای متفاوت فشار و نیز آرایش خاص آن‌ها توأم با شرایط جوی حاکم بر شمال کشور، موجب تکوین یک جبههٔ نسبتاً عمیق در روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۷ شده‌است. این وضعیت موجب شد که کشور ضمن قرار گرفتن در ربع جنوبیِ ورودیِ رودباد جبههٔ‌حاصل از این جبهه، از پیامدهای آن نیز متأثر شده‌است. در این روز رودباد قطبی با جهتی شمال شرقی– جنوب غربی بر روی کشور گسترش یافته و ارتفاع

پایه رودباد تا تراز ٦٠٠ هکتوپاسکال رسیده‌است. از سوی دیگر حاکمیت ناهنجاری منفی بر ارتفاع جو، فرارفت گرم و ناهنجاری مثبت دمای کشور و نیز همگرایی شار دما در ترازهای مختلف جو را در پی داشت. این امر سبب انباشتگی گرما در ترازهای مختلف جو ایران شده‌است. در چنین شرایطی اختلاف دمایی بین ترازهای مختلف جو کاهش یافته و در نتیجه تخلیه حرارتی دمای سطح زمین با دشواری مواجه خواهد شد. از این رو می‌توان استنباط کرد که در رخداد روزهای گرم فراگیر ویژگی‌های حرارتی و پویشی جو بالا عامل اصلی و تعیین کننده می‌باشند که توجه به آن‌ها در پژوهش‌های همدید می‌تواند راه‌گشای شناخت سازوکار این قبیل رویدادها باشد. به طور کلی و در یک جمع بندی عواملی را که با گرمایش فراگیر ایران به طور توأم رخ داده اند، می توان به شرح زیر برشمرد:

۱- حضور شرایط متباین فشار سطح زمین و مجاورت الگوهای مختلف فشار به نحوی که کشور در بخش کم فشار (اما نه ضرورتاً با ناهنجاری منفی) قرار گیرد. به تبع این آرایش، وزش و جریانات جوی از عرض‌های پایین‌تر به داخل ایران وارد می‌شوند. بنابراین الگوی سطحی فشار به نفع حرکت های جوی از طرف مناطق حاره به سمت ایران بوده است. در حالی که مطالعات انجام شده در جنوب یونان و بالکان، یکنواختی شرایط جوی حاصل استقرار رودباد جنب حاره بوده، و نیز همگرایی هوا در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال موجب نزول و گرمایش جوی شده است. در حالی که واگرایی ترازهای بالایی جو در تکوین فراگیرترین روز گرم کشور دخیل بوده‌است.

۲- حضور یک ناوه در نواحی گرم و خشک غرب کشور(افریقای شمالی)، موجب شد که ایران در بخش جلویی محور ناوه قرار گیرد. دراین شرایط هوای گرم و خشک به سمت کشور ایران گسیل می‌شود.

۳- استقرار رودباد در سطوح فوقانیِ همسایگانِ شمال غرب ایران موجب تفاوت جریان در ترازهای بالا و پایین و در نتیجه چینش عمودی باد و در نهایت تشدید تاوایی و واگرایی شده است. بدیهی است که این امر موجب تکوین تکانه بین لایه‌های زیرین و بالایی جو می‌شود. پهنهٔ عمده و قابل توجهی از کشور در ربع ورودیِ جنوبی رودباد قرار گرفته و حرکت چرخندی در تراز بالایی، واگرایی هوا و افت فشار سطحی و درنتیجه مکش هوا از اطراف و به ویژه نواحی گرم را درپی داشته است. این شرایط با حضور جبهه و قرار گرفتن ایران در بخش گرم جبهه، موجب حرکت هوای گرم از روی کشور برای رسیدن به محل همگرایی شده است. توجه کنید که در مطالعات انجام شده در آرژانتین (Campetella and Rusticucci1998,217)، استقرار واچرخند را برای تکوین و تداوم روز گرم لازم دانسته‌است. کما این‌که بررسی ناهنجاری‌های دمایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ارتباط با ناهنجاری رودباد اروپا- آتلانتیک (Baldi,2006) نشان داد که آرایش این دو رودباد در تراز میانی جو با جریانات نزولی تکوین و تقویت می‌شود. بنابراین می توان استنباط کرد که گاه شرایط سرمازا در ناحیه ای نه چندان دور از کشور موجب تکوین گرما در کشور می‌شود.

٤- وزش گرم از نواحی گرم کره زمین که کمابیش در تمامی ترازهای جو رخ می دهد، توأم با شرایط خاص تابشی، موجب افزایش دما و نیز ناهنجاری مثبت آن در سرتاسر کشور می شود.

## فهرست منابع و مآخذ

براتی، غلامرضا و موسوی، سید شفیع؛ ۱۳۸٤. جابجایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران. مجلهٔ جغرافیا و توسعه. شماره ۵، صص ۵۲ – ٤۱.

علیجانی ، بهلول ، بهار؛ ۱۳۹۰. تحلیل فضایی دما و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. شماره ۲۰، صص ۳۰ – ۹.

علائی طلقانی، محمود؛ ۱۳۸۸، ژئومورفولوژی ایران، چاپ پنجم، نشر قومس، ۳٦۰ ص.

فرج زاده، منوچهر، دارند، محمد؛ ۱۳۸۷. تحلیل تأثیر دمای هوا بر مرگ و میر شهر تهران. مجله پژوهشی حکیم، دوره یازدهم، شماره سوم، صص ۳٤– ۲۷.

کاویانی، محمد رضا و علیجانی، بهلول؛ ۱۳۷۸. مبانی آب و هواشناسی. چاپ ششم، تهران، انتشارات سمت، ۵۸۲ ص.

یارنال، برنت؛ ۱۳۸۵. اقلیم شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی. ترجمهٔ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ چاپ اول، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۲۱۸ ص.

مارتین، جاناتان ای؛ ۱۳۸۸. دینامیک جو در عرض میانه. ترجمهٔ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ چاپ اول، اصفهان، انتشارات مشترک دانشگاه اصفهان و سمت، ٤۲٦ ص.

مرادی، محمد؛ ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر هواشناسی دینامیکی. چاپ اول. تهران، انتشارات سید باقر حسینی، ۲۳۲ ص.

مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ۱۳۹۰. آب و هوای ایران. چاپ اول، انتشارات شریعه توس مشهد، ۲۷۷ ص.

یزدان پناه، حجت الله، علیزاده، تیمور؛ ۱۳۹۰. برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره مارکوف. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲٦، شماره سوم، صص ۷۱– ۵۲.

Alaee Taleghani, Mahmood, 2009. Geomorphology of Iran. Fifth Edition, Publication Ghoomes, 360pp.

Alijani, B., 2011. Spatial Analysis of Critical Daily Temperature and Precipitation in Iran. Geographical Sciences and Applied Research 20, 30-9.

Baldi, M., Dalu,G., Maracchi, G., Pasqui, M., Cesarone, F. 2006. Heat Waves in the Mediterranean: A Local Feature or A Larger-Scale Effect? International Journal of Climatology, 26, 1477 –1487.

Barati, G. and Mousavi, Sayed Shafi., (1384). Spatial Analyses of winters heat waves on Iran. Geography and Development Iranian Journal, 5, 52-41.

Bonsal, B.R., Zhang, X., Vincent, L. A., Hogg, W. D., 2001. Characteristics of Daily and Extreme Temperatures over Canada. Journal of Climate, 14, 1959-1976.

Brikas, D. P., Karacostas, T. S., Pennas, P. J. and Flocas, A. A., 2006. The Role of the Subtropical Jet Stream during Heat Wave Events over North-central Greece. Meteorology and Atmospheric Physics, 94, 219–233.

Campetella,C. and Rusticucci, M., 1998. Synoptic Analysis of an Extreme Heat Wave over Argentina in March 1980. Meteorological Applications, 5, 217–226.

Cueto, O. Garcia. Rafael, Tejeda Martinez. Adalberto, Jauregui Ostos. Ernesto., 2010. Heat Waves and Heat Days in an Arid City in the Northwest of Mexico: Current Trends and in Climate Change Scenarios. International Journal of Biometeorology, 54, 335 – 345.

Crimmins, M. A., 2006. Synoptic Climatology of Extreme Fire-Weather Conditions Across the Southwest United State. International Journal of Climatology, 26, 1001–1016.

Degaetano. T. A , Allen. J. R., 2002. Trends in Twentieth-Century Temperature Extremes across the United States. Journal of Climate , 15, 3188-3205.

Diffenbaugh,N. S., Bell, J.L. and Sloan, L. C., 2006. Simulated Changes in Extreme Temperature and Precipitation Events at 6 ka. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. 236,151–168.

Faraj Zadeh, M. Darand, M., 1387. Analyze the impact of temperature on mortality in Tehran. Hakim Research Journal, 11, Issue 3, 34-27.

Feudale, L. and Shukla, J., 2011. Influence of Sea Surface Temperature on the European Heat Wave of 2003 Summer. Part I: An Observational Study. Climate Dynamics, 36,1691–1703.

Gong, D.Y., Pan1,Y.Z. and Wang, J.A., 2004. Changes in Extreme Daily Mean Temperatures in Summer in Eastern China during 1955–2000. Theoretical and Applied Climatology, 77, 25–37.

Kaviani, M. R and Alijani, B.,1999. The Foundations of Climatology. Sixth edition. Tehran, Publication SAMT, 582pp.

Kyselý, J., 2008. Influence of the Persistence of Circulation Patterns on Warm and Cold Temperature Anomalies in Europe: Analysis over the 20th Century. Global and Planetary Change, 62, 147–163.

Manton, M.J., Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., Hennessy, N. N., Chambers, .L.E., Collins, D.A., Dawd, G. A., Gunawan, D., Inape, K., Isobe, H., Kestin,T.S., Lefale, P., Leyu, C.H., Lwin,T., Maitrepierre, L., Ouprasitwong, N., Page, C.M., Pahalad,J., Plummer, N., Salinger M.J.R., Suppiah, V.L., Trewin,T.B.I. and Yee,D., 2001. Trends in Extreme Daily Rainfall and Temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961 – 1998. International Journal of Climatology, 21, 269 – 284.

Martin, A, J. Translator Masoudian, S, A., 2009. Mid-Latitude Atmospheric Dynamics. Isfahan, Publication, Isfahan University and SAMT.

Moradi, M., 2011. An Introduction to Dynamic Meteorology. First Edition. Tehran, Publication Seyyed Bagher Hosseini's, 232pp.

Masoudian, S, A., 2011, Climat of Iran. First Edition, Publication Sharieh Toos, 277.

Nasrallah, H.Ali., Nieplova, E. and Essa R., 2004. Warm Season Extreme Temperature Events in Kuwait. Journal of Arid Environments, 56, 357–371.

Radin ović. D, Ćurić. M., 2012. Criteria for heat and cold wave duration indexes. Theoretical and Applied Climatology 107, 505– 510.

Yarnal, B. Translator Masoudian, S, A., 2006. Synoptic Climatology and its application in environmental studies. Printing. Isfahan: Publication Isfahan University, 218pp.

Yazdanpanah, H. Alizadeh, T., 2011. Probability estimate of heat waves occurrence in Kerman province using Markov chains model. Journal of Geographical Research. Year 26, 3, 71-52.